

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ
U2IS – Unité d'informatique et d'ingénierie des
systèmes

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET
ORGANISMES :

École nationale supérieure de techniques
avancées / Institut Polytechnique de Paris –
ENSTA Paris

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025
VAGUE E

Rapport publié le 27/03/2025



Au nom du comité d'experts :

Carine Jauberthie, présidente du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Présidente : Mme Carine Jauberthie, Université de Toulouse

Experts : M. Paul Checchin, Université Clermont-Auvergne, Aubière
Mme Karen Godary-Dejean, Université de Montpellier

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Lionel Seinturier

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Elisabeth Crépon, ENSTA Paris
M. Laurent El Kaim, ENSTA Paris
M. Thomas Loiseleux, ENSTA Paris
M. Kees van der Beek, Institut Polytechnique de Paris

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes
- Acronyme : U2IS
- Label et numéro : 200920620D (N° RNSR)
- Nombre d'équipes : deux équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Goran Frehse, directeur depuis septembre 2021 ; M. François Goulette, directeur adjoint depuis juin 2022

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication – STIC

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

L'Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes (U2IS) se place dans la thématique de la conception des systèmes informatiques autonomes. Elle se compose de deux équipes Systèmes Autonomes et Robotique (SAR) et Sémantique des Systèmes Hybrides (SSH). Les activités des deux équipes regroupent les thèmes scientifiques : interaction humain-robot, apprentissage automatique et intelligence artificielle, vision et perception, navigation et planification, sûreté et méthodes formelles, contrôle optimal et robuste, communication sécurisée et architectures des systèmes complexes. L'équipe SAR concentre plus particulièrement ses activités en robotique, interaction humain-robot, vision, apprentissage, réseaux de capteurs, ingénierie système et conception d'architectures pour les systèmes autonomes tandis que l'équipe SSH développe principalement ses activités en analyse et vérification des systèmes hybrides/cyber-physiques, sur les approches formelles en robotique et en conception et preuve formelle des programmes.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'U2IS est une unité propre de l'ENSTA Paris (anciennement ENSTA ParisTech), sous tutelle du ministère des Armées. Elle est localisée dans les locaux de l'ENSTA Paris, au 828 boulevard des Maréchaux, à Palaiseau. Au début de la période d'évaluation, l'ENSTA Paris était impliquée dans la construction de l'université Paris-Saclay. En fin d'année 2018, l'École Polytechnique, l'ENSAE, l'ENSTA ParisTech, Télécom ParisTech et Télécom SudParis ont signé une convention de coopération pour sortir de l'université Paris-Saclay et former l'établissement NewUni, devenu l'Institut Polytechnique de Paris (IP Paris) en février 2019.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Au début de la période d'évaluation, l'U2IS était impliquée dans le Labex Digicosme et le pôle DATAIA au travers des structures du plateau de Saclay. Ces structures ont permis le financement de post-doctorants, professeurs invités et écoles thématiques.

Avec la création d'IP Paris, différentes actions ont été développées. L'U2IS est ainsi impliquée dans deux centres interdisciplinaires : Hi!Paris (centre interdisciplinaire sur l'intelligence artificielle et l'analyse de données) et le CIEDS (centre dédié à la défense et à la sécurité). L'U2IS est membre du conseil académique de Hi!Paris et membre de la direction du CIEDS au travers de son directeur scientifique.

Hi!Paris a permis des financements de thèses et des actions de notoriété telles que le financement du symposium « Robotics, AI and Society » en juin 2024. Le CIEDS est l'une des sources principales de financement de l'U2IS via ses projets financés par l'Agence de l'Innovation de Défense, dans les domaines de la robotique, télécommunications et intelligence artificielle. Il est également un canal de notoriété qui a permis à l'U2IS de recevoir de nombreuses personnalités de l'armée de Terre notamment.

L'unité est en contact avec la SATT Paris-Saclay via IP Paris et le service de valorisation d'ENSTA Paris. La SATT Paris-Saclay a pour rôle de valoriser la recherche et accompagner le transfert technologique des laboratoires du cluster Paris-Saclay en direction des entreprises. Elle a permis de financer un projet de prématuration au sein du laboratoire.

L'U2IS participe à l'Institut de Recherche Technologique SystemX qui a permis le financement de plusieurs projets et l'un des membres de l'unité est membre de son comité de pilotage.

L'unité est membre de deux pôles de compétitivité ; Systematic (pôle de compétitivité d'Île-de-France) consacré aux systèmes complexes et ASTech Paris Région, spécialisé dans l'aéronautique, l'espace et les

systèmes embarqués. L'un des membres de l'unité est membre du comité restreint d'ASTech.

L'ENSTA bénéficie du label Carnot via la contribution de l'U2IS à l'Institut Carnot Télécom & Société Numérique (Carnot TSN), lequel abonde au financement de l'unité en proportion du volume des contrats de recherche obtenus en partenariat avec des entreprises, générant un effet de levier visant à favoriser la recherche partenariale. Cela a permis le financement de séjours invités et d'actions de communication.

L'unité est active dans la Fédération Demeny-Vaucanson (FéDeV), structure fédérative de recherche ayant pour objectif de stimuler les collaborations et la promotion de projets communs dans le champ général des sciences du mouvement du périmètre de Paris-Saclay. Des collaborations autour des projets de recherche sur l'autisme, l'interaction sociale, le retour haptique et la motricité ont ainsi été développées, notamment avec le Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique, le groupe Cognition Perception Usages et avec le laboratoire Complexité, Innovation, Activités Motrices et Sportives.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	7
Maîtres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	8
Sous-total personnels permanents en activité	24
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	3
Doctorants	30
Sous-total personnels non permanents en activité	35
Total personnels	59

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2023. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
ENSTA Paris	16	0	8
Total personnels	16	0	8

AVIS GLOBAL

L'Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes structure ses activités de recherche autour de la conception des systèmes informatiques autonomes, ce qui se décline scientifiquement autour des thématiques de la robotique allant de la perception de l'environnement pour la commande des robots à l'étude des interactions entre ces derniers et les humains, et des thématiques liées à l'analyse et la vérification des systèmes hybrides/cyber-physiques. Elle se compose de deux équipes : Systèmes Autonomes et Robotique (SAR) et Sémantique des Systèmes Hybrides (SSH). L'unité, de taille modeste, a développé un mode d'organisation pragmatique et économe en ressources humaines. Une marge de progression reste à combler en matière d'animation de la vie au sein de l'unité. Étant donné les défis posés par le déploiement de ses plateformes robotiques et la nécessité de leur continuité opérationnelle, il est essentiel de renforcer l'unité avec un recrutement pérenne de personnel en appui à la recherche.

L'unité vise une recherche applicative en matière de conception des systèmes informatiques autonomes, même si certaines de ses activités relèvent de domaines fondamentaux. Avec une applicabilité de ses travaux dans des domaines variés tels que la santé, les transports et infrastructures intelligents, ou la défense, l'unité a su

tisser des liens importants avec son environnement et les industriels du secteur, ceci se traduit par une forte activité contractuelle. Cette dernière permet aux recherches développées d'être rapidement valorisées. Deux start-up sont issus de ces travaux, une augmentation du nombre de contrats de recherche partenariale (passant de 4 à 8 durant la période) est à noter tout comme un fort accroissement du nombre de doctorants (augmentation de 47 % sur la période), ainsi que le renouvellement du laboratoire commun avec Naval Group.

La très bonne recherche menée par l'unité est de niveau international. Un exemple de résultat important est un survey sur l'explicabilité des systèmes d'intelligence artificielle (Information Fusion 2020, cité plus de 8500 fois). Un autre exemple de contribution majeure concerne une extension des techniques de type CSP (Constraint Satisfaction Problem) avec des équations différentielles (Cyber-Physical Systems Security 2018).

L'activité de l'unité a une très bonne visibilité au plan national et international, ceci se traduit par l'obtention de nombreux projets européens (par exemple Horizon 2020). L'unité s'attache à s'impliquer dans les instances locales et nationales telles que, par exemple, les deux GDR CNRS : Information, Apprentissage, Signal, Image et ViSion (IASIS) et Robotique.

Les personnels de l'unité sont fortement impliqués dans les formations de l'ENSTA Paris tout comme dans les instances de l'IP Paris (École Doctorale, CIEDS, etc.).

La production bibliographique de l'unité est globalement très bonne pour l'unité et ses deux équipes, excellente pour les thématiques de l'apprentissage et des communications. Cette production se retrouve dans les meilleurs journaux (par exemple Transactions on Machine Learning Research, IEEE Transactions on Wireless Communications) et conférences du domaine (par exemple Advances in Neural Information Processing Systems, Int. Conf. on Robotics and Automation, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems). Avec un nombre de publications en journaux et conférences de 2,3 par ETP permanent et par an, le volume de production se situe dans la norme de la discipline.

Le rayonnement de l'unité au niveau international est excellent. Les membres de l'unité ont obtenu un prix « Test-of-Time » à la conférence Hybrid Systems Computation and Control en 2023 pour leurs travaux sur les systèmes hybrides. Les membres de l'unité ont été invités 21 fois pour des présentations à des conférences de leur domaine, et treize fois pour des séjours à l'étranger (par exemple National Univ. Singapore).

Les relations avec le monde socio-économiques sont excellentes comme par exemple avec la société Renault sur la coordination du contrôle pour les véhicules autonomes (contrat de prestation de 480 k€). Le nombre de contrats signés avec des industriels s'élève à 27, ce qui permet à l'unité de bénéficier de ressources financières conséquentes issues du privé (270 k€/an).

La valorisation est excellente. L'unité a établi une collaboration forte avec Naval Group via un laboratoire commun sur l'ingénierie système et l'intelligence artificielle, et a déposé deux brevets avec Renault sur la téléassistance de véhicules autonomes.

La médiation scientifique est en retrait eu égard aux pratiques du domaine (une participation à un MOOC, participation annuelle aux Cordées de la réussite).

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport Hcéres concernaient trois points : (1) les produits et activités de la recherche, (2) l'organisation et la vie de l'unité et (3) les perspectives scientifiques à cinq ans et la faisabilité du projet.

Ces recommandations se sont traduites sous forme d'un plan d'action dont l'avancement a été suivi dans le système Qualité de l'établissement.

A – Recommandations concernant les produits et activités de la recherche

L'activité de production scientifique, actuellement d'un excellent niveau, est à maintenir, et à corrélérer à un accroissement de l'implication au niveau national. Une attention particulière est à porter à la durée (à réduire) et au taux de succès (à accroître) des thèses de doctorat. L'activité de partenariat industriel, d'un excellent niveau, doit être plus intensivement valorisée, par exemple par le dépôt de brevets.

Le premier point a été considéré et a permis de réduire sensiblement la durée des thèses, à présent de l'ordre de 42 mois, ainsi que leur abandon passant de 9,4 % à 7,2 %. L'unité a su maintenir un excellent niveau de publication tant en journaux qu'en conférences et workshops. Elle a su s'impliquer plus fortement au niveau national en participant à plusieurs GDR et GT et en y co-animant ou co-organisant des événements. Elle participe également à trois sociétés savantes. Deux brevets durant la période ont permis de valoriser des partenariats industriels.

B – Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'unité

L'unité doit développer plus intensivement des actions d'animation scientifique, mais aussi être sensible au facteur humain en favorisant, en partenariat avec l'ENSTA, des actions en faveur de la cohésion et de la qualité de vie au travail. Elle doit pouvoir bénéficier de moyens humains suffisants et garantis, afin de permettre une gestion correcte, sur le plan administratif, technique et scientifique.

Le second point a été pris en compte au travers de la création en 2023 d'un séminaire d'une journée dédié à une réflexion collective sur l'orientation scientifique de l'unité. Il est prévu de reconduire ce séminaire chaque année. Des actions spécifiques au sein de l'unité ont été tentées afin d'accroître la fréquence des séminaires mais n'ont pas atteint leurs objectifs. Avec la création d'IP Paris, l'offre de séminaires s'est accrue et le lancement de l'initiative Sigma Kappa Phi avec deux autres laboratoires d'IP Paris (LIX de l'École Polytechnique et LTCl de Télécom Paris) permettent de stimuler la coopération scientifique autour des systèmes cyber-physiques. Un LabDay a également été créé, dédié à la présentation des travaux de recherche des doctorants et post-doctorants à l'attention de l'ensemble des membres de l'unité. Des propositions d'activités de cohésion telles que sport, jeux de société, barbecue en été, etc. sont mises à disposition des personnels. Le support technique de l'unité a également pu être renforcé par le recrutement d'un second ingénieur de recherche permanent.

C – Recommandations concernant les perspectives scientifiques à cinq ans et la faisabilité du projet

L'unité devra rester vigilante vis-à-vis des décisions qui pourraient être prises au sein de la gouvernance de NewUni. Elle devra faire preuve d'adaptabilité et d'opportunisme scientifique afin de profiter au mieux d'un contexte difficile à anticiper.

La prise en compte du dernier point s'est traduite par la présence de membres de l'unité au sein d'instances d'IP Paris (au sein du Département Informatique, Données et Intelligence Artificielle, de l'école doctorale, du CIEDS). L'unité est également impliquée dans plusieurs programmes de master d'IP Paris. Elle s'investit dans Hi!Paris (intelligence artificielle), F4C (fondations de l'informatique) et E4H (santé). Au sein d'IP Paris, l'unité est le porteur de la thématique robotique. La fusion avec ENSTA Bretagne devrait renforcer cette thématique en apportant des compétences en matière de robotique et d'autonomie maritime.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

L'U2IS s'est fixée des objectifs scientifiques pertinents, en accord avec le contrat d'objectifs et de performance de sa tutelle, l'ENSTA Paris (ce contrat étant orienté par celui d'IP Paris). L'U2IS vise ainsi une recherche applicative en matière de conception de systèmes autonomes, même si certaines de ses activités relèvent de domaines fondamentaux. Cette stratégie donne lieu, notamment, à une augmentation du nombre de contrats de recherche partenariale (passant de 4 à 8 dans la période), à un fort accroissement du nombre de doctorants (augmentation de 47 % sur la période), ainsi qu'au renouvellement du laboratoire commun avec Naval Group.

Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité dispose de ressources financières conséquentes, lui permettant de mener à bien ses recherches et d'accompagner les personnels en soutenant par exemple des activités individuelles d'enseignants-chercheurs ou des nouveaux entrants.

Cependant, au travers de ses sources de financement, l'unité montre une dépendance aux changements de politiques et à de potentiels retraits de partenariats industriels.

Les équipes administrative et en support technique et informatique sont réduites.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

L'unité dispose d'une organisation légère mais suffisante pour sa taille. Elle s'articule autour d'un directeur, d'un directeur adjoint et d'une gestionnaire. Un assistant de prévention est également présent. Cette organisation est complétée par un responsable pour chaque équipe.

1 / L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'U2IS est sous tutelle de l'ENSTA Paris, elle-même sous tutelle du ministère des Armées.

De par sa tutelle, l'U2IS entretient ainsi un lien fort avec la recherche pour la défense, ou de façon plus générale les technologies duales (civiles et défense). Ses domaines applicatifs couvrent plus largement les secteurs porteurs de la défense, du transport intelligent et de la santé.

La thématique scientifique portée par l'unité au sein d'ENSTA Paris est celle de la conception des systèmes autonomes, intégrant ainsi les huit champs disciplinaires : interaction humain-robot, apprentissage automatique et IA, vision et perception, navigation et planification, sûreté et méthodes formelles, contrôle optimal et robuste, communication sécurisée et le dernier architecture des systèmes complexes. Ces champs disciplinaires sont en très bonne adéquation avec les défis actuels et futurs de l'IA et de la robotique. Bien que l'unité vise une recherche applicative en matière de conception des systèmes informatiques autonomes, certaines de ses activités relèvent de domaines fondamentaux. Avec une applicabilité de ses travaux dans des domaines variés, l'unité a su tisser des liens importants avec son environnement et les industriels du secteur, ceci se traduit par une forte activité contractuelle. Cette dernière permet aux recherches développées d'être rapidement valorisées.

La création d'IP Paris ainsi que le projet de fusion d'ENSTA Paris avec ENSTA Bretagne apportent des opportunités de développement et de dynamisme supplémentaires.

Points faibles et risques liés au contexte

La création d'IP Paris ainsi que le projet de fusion d'ENSTA Paris avec ENSTA Bretagne apportent une charge de travail supplémentaire pour les personnels impliqués, tant dans l'organisation du futur établissement que dans ses stratégies de recherche, ce qui fait peser un risque sur le fonctionnement de l'unité.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité dispose de ressources financières conséquentes (environ 1400 k€/an incluant une dotation d'environ 40 k€/an, une activité contractuelle de l'ordre de 1000 k€/an complétée par des financements/bourses de thèses). Elle participe ainsi à de nombreux programmes de recherche d'envergure (sept projets européens dont deux sur le programme Horizon Europe) et est engagée dans des initiatives interdisciplinaires importantes (comme le CIEDS). Ceci lui permet d'accompagner ses membres via l'accès à des plateformes de recherche innovantes et une politique efficace d'infrastructures scientifiques. Les plateformes de recherche constituent des outils fédérateurs pour créer des effets de synergie, comme le projet de plateforme robotique au sein d'IP Paris.

La mutualisation des ressources pour la recherche et l'infrastructure informatique au sein d'IP Paris, notamment avec le développement du nouveau cluster GPU, témoigne d'une gestion proactive.

Points faibles et risques liés au contexte

L'unité est dépendante de ses partenariats externes. Bien que la collaboration avec des partenaires industriels et académiques soit une force, elle représente également un risque en cas de changement de politique ou de priorités des partenaires (comme par exemple le retrait d'un industriel dans les activités de conduite autonome au sein de l'unité).

L'unité, de petite taille, a développé un mode d'organisation pragmatique et économe en ressources humaines. Une marge de progression reste à combler en matière d'animation de la vie au sein de l'unité. Le manque de personnels de soutien administratif et technique se fait sentir et peut nuire au bon fonctionnement de l'unité.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les pratiques de l'unité sont fixées par une procédure « Organisation interne UER U2IS » intégrée au système de qualité de l'établissement, dans le cadre de sa certification ISO 9001 et 21001. Elles sont en accord avec les règles et directives en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, et de développement durable. Les engagements dans les politiques Responsabilité Sociétale et Environnementale (RSE) et d'égalité sont importants et se traduisent par la présence de membres de l'unité dans ces instances. L'ENSTA Paris est labellisée Développement Durable et Responsabilité Sociétale sur l'ensemble de ses activités administratives, d'enseignement et de recherche, assurant alors la conformité des pratiques dans ces domaines.

Points faibles et risques liés au contexte

Bien que des initiatives soient prises pour réduire l'empreinte écologique, les défis environnementaux ne sont pas abordés de manière systématique.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'unité démontre un rayonnement scientifique excellent et une très bonne attractivité au niveau national et international. Ceci se traduit notamment par l'obtention de distinctions lors de conférences et l'accueil de chercheurs internationaux. Elle présente également un taux de réussite globalement élevé dans les réponses aux appels à projets, ceci lui permettant de favoriser le développement de collaborations et diversifier ses sources de financement.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'unité démontre un excellent rayonnement scientifique et une très bonne attractivité au niveau national et international. Ceci se traduit par plusieurs distinctions et reconnaissances telles que le « Test-of-Time Award » obtenu en 2023, soulignant l'impact durable de recherches sur les systèmes hybrides. L'U2IS renforce sa visibilité en accueillant et envoyant des chercheurs dans plusieurs établissements (par exemple Hong Kong Polytechnic University pour des accueils entrants et sortants, Upssala University). Elle participe activement à des réseaux européens (par exemple H2020 DREAM, H2020 VeriDREAM, Horizon Europe RAICAM, etc.) et à des projets internationaux compétitifs, ce qui lui permet de consolider ses collaborations.

L'unité démontre une capacité à obtenir des financements tant à l'échelle nationale (par exemple ANR, Campus France, etc.) qu'internationale (par exemple bilatéral). Le taux de réussite élevé dans l'obtention de financements (31 % tout appel à projets confondus), tout particulièrement à l'international (avec un taux de réussite de 44 %), témoigne de la qualité de ses activités de recherche et de sa capacité à répondre aux défis scientifiques actuels.

La présence d'installations, telles que le Living Lab ou la salle Volière, permet pour l'une de simuler l'environnement d'une maison réelle conduisant à une expérience immersive et pratique testant alors diverses technologies et solutions de robotique sociale. La salle volière, quant à elle, est équipée d'un espace sous filet et d'un système de localisation, permettant le vol de drones, ou expérimentations en robotique articulée. Cet environnement favorise le développement de recherches innovantes et de projets ambitieux.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

Malgré un taux de réussite globalement élevé dans les réponses aux appels à projets, le taux de succès à l'échelle nationale est modeste (le taux d'acceptation au cours de la période est de l'ordre de 22 %).

Les statuts des EC de l'ENSTA, différents de ceux des EC dépendant du MESR, limitent les opportunités de mutation vers l'ENSTA Paris.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

L'unité a une production scientifique quantitativement et qualitativement d'un très bon niveau. Elle s'articule autour de la conception des systèmes informatiques autonomes ; thématique à fort impact tant sociétal qu'environnemental comme, par exemple, dans les secteurs de la santé, de la transition écologique ou encore la protection des données. L'activité de l'unité concerne à la fois des travaux de recherche fondamentale, de recherche appliquée, de transfert de technologie ou encore production de logiciels et jeux de données.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La très bonne recherche menée par l'unité est de niveau international. Un exemple de résultat important est un survey sur l'explicabilité des systèmes d'intelligence artificielle (Inf. Fusion 2020, cité plus de 8500 fois). Un autre exemple de contribution majeure concerne une extension des techniques de type CSP (Constraint Satisfaction Problem) avec des équations différentielles (Cyber-Physical Syst. Security 2018).

La production scientifique de l'unité est de qualité dans chacun des huit thèmes structurant ses activités de recherche, au travers de publications en conférences renommées (par exemple dans les conférences de robotique : International Conference on Robotics and Automation, International Conference on Intelligent Robots and Systems, etc.), en revues d'excellent niveau (IEEE Transactions on Wireless Communications, Information Fusion, Transactions on Machine Learning Research, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, etc.) et par plusieurs keynotes en conférences invitées.

L'unité a reçu des distinctions comme par exemple le Finalist Best Paper Award à ICRA en 2018 ou un Test-of-Time-Award à HSCC 2023. Plusieurs colloques ont été organisés ou co-organisés par l'unité durant la période.

L'U2IS a réalisé en moyenne 42 publications par année, dont 11,2 revues (en augmentation par rapport à la période précédente) et 21 conférences. Ceci représente en moyenne 2,3 publications par enseignant-chercheur permanent et par an, le volume de production se situe dans la norme de la discipline.

Des actions sont menées au sein d'ENSTA Paris sur les thématiques de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte, entrant dans le cadre des démarches ISO 9001 et DD-RS et des prescriptions ministérielles. Ainsi la nomination d'un référent Intégrité scientifique et la mise en place d'un comité d'éthique dédié à la recherche permettent de garantir les conformités requises dans ces domaines.

L'unité encourage de façon pertinente la publication des articles, des productions logicielles et des jeux de données en accès libre, au travers de dépôt sur HAL par exemple.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Une baisse très sensible de la production est à noter à partir de 2019, et un début de redressement en fin de période. Le taux de publication en revue est en baisse constante depuis 2021.

Les disparités de publications entre enseignants-chercheurs (EC) constatées dans la période précédente restent présentes, avec un nombre de publication par EC au cours de la période allant de trois à 60 (moyenne de 20,1).

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'unité s'inscrit pleinement dans la société au travers de ses activités de recherche. Cela se traduit en termes de nombreux contrats de collaborations (par exemple Cifre) et la participation à un laboratoire commun avec Naval Group.

L'unité est représentée dans le pôle de compétitivité SYSTEMATIC Paris Région et à l'OTAN dans un groupe de travail sur le jumeau numérique.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

Les interactions de l'unité avec le monde non-académique, notamment le milieu industriel, sont excellentes. L'unité, de par sa tutelle et son écosystème, a tissé des liens forts avec ce dernier, ce qui se traduit par le financement de 34 % de son activité par des contrats industriels (1960 k€ sur 5812 k€ pendant la période) et un nombre depuis 2020, de onze à douze thèses Cifre en cours, lui permettant ainsi d'accroître son transfert technologique. Elle participe également au pôle de compétitivité Systematic Paris-Région (plateforme d'innovation dans l'écosystème des Deep Tech, regroupant plus de 550 start-up, PME et ETI, 140 grands groupes, ainsi que 160 entités de R&D et recherche) et au laboratoire commun LC2IA, fondé avec Naval Group. De 2015 à 2021, l'unité a collaboré à la chaire Ingénierie des Systèmes Complexes (en collaboration avec des entreprises et écoles d'ingénieurs).

Au travers de l'un de ses membres, elle participe au Conseil scientifique et éthique roumain sur l'intelligence artificielle et depuis 2022, au groupe MSG-205 de l'OTAN sur le jumeau numérique.

Les compétences de l'U2IS sont diffusées dans le milieu professionnel par sa participation à deux formations Certificats d'Études Supérieures (CES Safran, CES IA) et une formation continue (FAIS destinée aux cadres de la DGA). Elle contribue à l'écosystème français au travers de l'accès libre à ses logiciels et jeux de données.

L'ENSTA Paris est labellisée Développement Durable et Responsabilité Sociétale (DD-RS) dont l'axe Innovation et recherche implique la diffusion des résultats de recherche et de l'innovation vers le grand public afin de favoriser la science participative. Ceci se traduit au travers de différentes actions comme par exemple l'animation annuelle par l'équipe SSH, depuis 2021, d'une semaine de stage d'introduction à la robotique pour l'association Science Ouverte à destination d'élèves de collèges, à la participation au programme national des Cordées de la réussite dont l'objectif est d'introduire une plus grande équité sociale dans l'accès aux formations de l'enseignement supérieur, ou encore au travers d'interventions dans un collège-lycée sur une journée avec robots sociaux.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les collaborations de l'unité avec l'industrie sont nombreuses mais peu diversifiées, ce qui est un risque à long terme. Il en va de même avec les collaborations avec les acteurs du monde culturel et social.

La médiation scientifique est en retrait eu égard aux pratiques du domaine (une participation à un MOOC, participation annuelle aux Cordées de la réussite). L'unité pourrait prendre davantage part, ou plus régulièrement, aux activités à destination du grand public telles que fête de la science ou journée portes ouvertes.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Les deux principaux objectifs assignés à l'U2IS en début de période ont été atteints. Ces deux objectifs étaient la bonne intégration de l'unité dans l'Institut Polytechnique de Paris suite à la signature en fin d'année 2018 de la convention de coopération pour sortir de l'université Paris-Saclay et former l'établissement NewUni, devenu IP Paris en février 2019 et le renforcement de ses liens avec le LIX. Ceci s'est traduit notamment par l'implication de membres de l'unité dans diverses instances d'IP Paris et la création de l'initiative sigma-khappa-phi.

La stratégie mise en place par l'unité a été la concentration de ses efforts autour de la conception des systèmes informatiques autonomes. Cette stratégie, à visée applicative importante, lui a permis de répondre aux besoins socio-économiques nationaux. Ainsi, l'unité a su inscrire ses travaux dans le paysage national en répondant aux enjeux autour de l'IA, de la Robotique organique visant à promouvoir la robotique dans les domaines de la santé et de l'assistance à la personne. L'unité a su inscrire ses travaux à plus large échelle en s'impliquant dans le programme Horizon Europe Cluster 4 en termes de sujets et TRL (2-3).

La stratégie lui a permis d'obtenir le financement de ses travaux à hauteur de 330 k€/an auprès de partenaires industriels. Elle a su consolider ses effectifs dans plusieurs domaines d'activités au travers du recrutement de sept enseignants-chercheurs, compensant ainsi largement les trois départs et permettant de renforcer les domaines d'activités autour de la Robotique, IA et Validation des systèmes cyber-physiques. En fin de période, l'unité continue son implication dans la construction du projet de plateforme robotique en milieu ouvert. Les retombées attendues sont, entre autres, l'augmentation de la visibilité des recherches de l'unité dans les domaines concernés, son rapprochement des acteurs du monde industriel, start-up mais également un accroissement de son dynamisme autour, par exemple, de compétitions en robotique à destination d'étudiants et enseignants-chercheurs.

Les perspectives scientifiques à cinq ans, tournées vers la robotique, l'IA et les systèmes cyber-physiques sont pertinentes et en adéquation avec les activités menées jusqu'à la fin de période. Ces domaines sont originaux, différenciants au sein d'IP Paris, du CIEDS et de Hi!Paris. Ils sont également fédérateurs, permettant par exemple des collaborations internes à l'ENSTA Paris avec d'autres unités.

De plus, les perspectives d'évolution des marchés économiques autour de la robotique (tant mobile, qu'organique, ou encore celle de la défense et sécurité), sur les cinq voire dix prochaines années, lui sont favorables ; les estimations des évolutions allant d'une augmentation de 40 % (marché en robotique de défense) dans l'un des domaines jusqu'à tripler pour un autre (marché en robotique d'assistance aux personnes âgées).

Concernant les projets scientifiques des deux équipes, celui de l'équipe SAR se concentre sur la consolidation des travaux dans les domaines des systèmes cyber-physiques, de la robotique et de l'Intelligence Artificielle. Si la trajectoire s'inscrit dans la continuité du projet précédent, une structuration a été définie selon cinq axes : Intelligence Artificielle, Apprentissage & Robotique, Interaction Homme-Robot, Véhicule Intelligent, Systèmes autonomes distribués et le dernier Architecture des systèmes complexes. Les ambitions de développement affichées avec le laboratoire commun NavalGroup et le rapprochement avec ENSTA Bretagne apparaissent comme des opportunités intéressantes pour élargir l'orientation de ses travaux à la fois vers le secteur du navire autonome mais également en complétant son champ de compétences en robotique mobile terrestre et aérienne avec celle de la robotique marine.

Le projet de l'équipe SSH, quant à lui, porte sur une évolution vers une thématique scientifique liée à la robustesse des systèmes robotiques, avec un changement de nom « Systèmes Robustes pour la Robotique » (SyRRO) et un positionnement sur trois axes de recherche : Robustesse fondée sur une approche orientée modèle, Robustesse fondée sur une approche orientée données et Robustesse des systèmes robotiques multi-agents ; les deux derniers axes étant nouveaux. L'évolution vers la robustesse des systèmes robotiques permettrait un élargissement des thématiques théoriques, tout en conservant une cohérence autour de la fiabilité, et en resserrant la cible applicative vers la robotique autonome.

Cependant, au cours de la période, l'unité a vu son paysage évoluer fortement, partant de la création d'IP Paris, démarrant le projet de fusion avec ENSTA Bretagne et en fin de période, démarrant la restructuration du numérique au sein d'IP Paris. Elle est également amenée, depuis la fin de période, à la gestion administrative par ses personnels, des projets européens dans lesquels elle est impliquée, ce qui potentiellement occasionne une charge de travail supplémentaire. Ces éléments, combinés à sa taille modeste et au manque de cohésion et de vie collective, tendent à présager de charges administratives et organisationnelles importantes pour les personnels, affectant alors potentiellement productivité et qualité de vie au travail. L'unité reçoit également de nombreuses sollicitations dans ses thématiques de recherche (par exemple projets européens, contrats industriels, Centres Interdisciplinaires), ainsi qu'une forte demande en enseignement. Les COP 2022-2026 de l'IP Paris et ENSTA Paris prévoient des croissances en nombre d'étudiants (par exemple augmentation de 30 % du nombre de doctorants sur ressources contractuelles pour celui d'ENSTA Paris). Le taux d'encadrement ramené aux cadres de l'équipe pourrait atteindre des valeurs hautes. Le très grand nombre de thèses, y compris parfois

par un(e) même directeur(rice), pourrait entraîner des déséquilibres entre les missions de la recherche et des difficultés dans la gestion des thèses.

En s'appuyant sur l'ensemble des éléments évoqués, l'unité, dans ses perspectives de croissance, devra ainsi veiller à maintenir un équilibre entre les différentes activités des enseignants-chercheurs, cela ne pourrait alors passer que par une augmentation de postes.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

L'U2IS s'est fixée des objectifs scientifiques pertinents, en accord avec le contrat d'objectifs et de performance dont elle relève. Elle dispose de sources de financement conséquentes mais démontre une dépendance aux changements de politiques ou à de potentiels retraits de partenariats industriels. Elle devra ainsi veiller à diversifier ses sources de financements.

Les équipes en support administratif et technique étant réduites, l'unité devra veiller à maintenir des services de qualité, tant au niveau administratif que pour la maintenance des plateformes expérimentales.

L'unité devra veiller à aborder les défis environnementaux de manière plus systématique.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Les statuts des EC de l'ENSTA, différents de ceux des EC dépendant du MESR, limitent les opportunités de mutation vers l'ENSTA Paris. Cet aspect pourrait nécessiter une réflexion sur les conditions de recrutement et d'intégration des personnels.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Bien que l'unité démontre globalement une très bonne production scientifique, le comité recommande qu'elle veuille à maintenir cette qualité tout en mettant en œuvre les moyens nécessaires afin de lisser les disparités de publications entre enseignants-chercheurs.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

Bien que l'unité fasse preuve de dynamisme au travers de l'inscription de ses activités de recherche dans la société, le comité recommande qu'elle diversifie davantage ses collaborations avec l'industrie, les acteurs du monde culturel et social. Elle pourrait s'investir plus régulièrement dans des activités de vulgarisation telles que fête de la science ou journée portes ouvertes. Ceci lui permettrait d'accroître sa visibilité.

Le comité invite l'unité à s'investir plus régulièrement dans des activités de vulgarisation telles que fête de la science ou journée portes ouvertes. Ceci lui permettrait d'accroître sa visibilité.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : SAR – Systèmes Autonomes et Robotique

Nom du responsable : M. Bruno Monsuez

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les travaux de l'équipe « Systèmes Autonomes et Robotique » (SAR) s'organisent autour des thématiques de la robotique en allant de la perception de l'environnement pour la commande des robots à l'étude des interactions entre ces derniers et les humains. Pour nourrir ces sujets, l'approche scientifique combine des contributions méthodologiques et expérimentales, en veillant à concevoir des systèmes autonomes pour conduire des validations sur ses propres plateformes ou celles de partenaires industriels. Les thématiques de recherche couvrent l'Interaction humain-robot, l'apprentissage automatique et l'Intelligence artificielle, la vision et la perception, tout comme le contrôle optimal et robuste. La navigation et la planification sont communes avec la seconde équipe « *Sémantique des Systèmes Hybrides* » (SSH). Les travaux de l'équipe SAR se déclinent également vers la communication sécurisée et l'architecture des systèmes complexes.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

À l'issue des recommandations formulées par le précédent comité, l'équipe SAR a parfaitement su apporter une réponse, d'une part, par l'écrit dans ce nouveau document d'autoévaluation, et surtout, par des actions d'autre part. En ce qui concerne la recommandation sur « l'augmentation des produits de la recherche, par exemple en matière de brevets », l'équipe a déposé deux brevets. Elle a une production scientifique toujours d'excellente qualité, et comparable en volume eu égard à la variation de l'effectif au cours de la période révolue. Ces deux éléments témoignent de cette prise en compte.

Concernant l'attention qui était demandée sur la durée des thèses, ainsi formulée « Elle doit être attentive au bon déroulement des thèses, non seulement en conservant l'actuel niveau d'insertion professionnelle, mais également en réduisant la durée moyenne des thèses, et en permettant leur soutenance dès que la production scientifique le justifie. », l'équipe a bénéficié d'apports en termes d'encadrants de la recherche qui lui ont permis de sensiblement réduire la durée moyenne des thèses, passant de 47 à 42 mois, et de présenter un excellent taux d'insertion professionnelle.

La préconisation visant à « *recentrer sur un nombre de thèmes plus réduit* » les activités de l'équipe n'a pas été suivie de changements visibles et immédiats. L'accroissement de l'effectif de l'équipe a servi à renforcer prioritairement les thèmes Humain-Robot et l'apprentissage pour la robotique. Ce faisant, des thématiques, actives par le passé, ont été naturellement relayées au second plan ou ont disparues.

La collaboration avec l'équipe FLOWERS de l'Inria Bordeaux avait été mentionnée comme concourir « à un certain éparpillement ». Elle ne prendra fin que prochainement, au moment du renouvellement de l'équipe projet de l'Inria. Pour autant, il convient de reconnaître que cette collaboration a conduit à plusieurs publications, et que, comme mentionné juste avant, la dynamique des ressources humaines a donné vie à ces activités scientifiques décentralisées au sein de l'équipe.

L'organisation de la vie de l'équipe n'était pas décrite en 2018. Six ans plus tard, les recommandations à ce sujet n'ont pas plus de réponses. Pourtant, des actions sont bel et bien menées (LabDay, COLAB) mais elles sont décrites au niveau de l'unité, ce qui, compte tenu des effectifs relatifs des équipes, demeure parfaitement cohérent.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	6
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	8
Sous-total personnels permanents en activité	19

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	2
Post-doctorants	3
Doctorants	28
Sous-total personnels non permanents en activité	33
Total personnels	52

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique dans des journaux internationaux, tant par sa qualité que par sa quantité, est très bonne. Elle est excellente concernant les thématiques de l'apprentissage ainsi que celle des communications. Elle est très bonne pour le thème qui couvre l'interaction homme-robot. Présents dans les conférences ou congrès majeurs, les membres de l'équipe SAR ont établi de multiples collaborations académiques, à la fois au niveau national et international, qui se traduisent par des publications co-signées. Ces éléments confèrent à l'équipe une très bonne visibilité, consolidée par une implication de très bon niveau dans les projets européens.

Sur le plan national, l'équipe est également très visible dans le domaine de la robotique avec ses participations à des projets ANR ou au sein de la vie de la communauté.

Les relations avec le monde socio-économique sont excellentes, se traduisant par des relations fortes avec de grands groupes industriels, marquées par des dépôts de brevets, et de nombreuses conventions Cifre.

L'encadrement doctoral requiert vigilance.

Les actions menées vers le grand public restent marginales.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'originalité des travaux de l'équipe SAR concerne particulièrement la téléassistance de véhicules autonomes, valorisée par le dépôt de deux brevets, et l'expérimentation d'un système de navigation réalisée dans le cadre de « Paris Saclay Autonomous Lab » au sein du projet EVAPS (<https://media.renaultgroup.com/paris-saclay-autonomous-lab-de-nouveaux-services-de-mobilite-autonome-electrique-et-partagee/>). La qualité du travail de ses doctorants dans le domaine de la santé a été également saluée, notamment par l'obtention d'un « Best student paper award » lors du 17e Symposium International SIPAIM en 2021. Enfin, l'équipe s'est rapidement préoccupée des enjeux d'une Intelligence Artificielle de confiance et a nourri les réflexions de la communauté avec un article co-signé dans la revue « Information Fusion » qui a été cité plus de 8500 fois.

La qualité et la quantité de la production scientifique dans des journaux internationaux sont très bonnes. En se limitant aux très bonnes revues, ce sont plus d'une cinquantaine d'articles de journaux reconnus du domaine qui ont été publiés parmi lesquels on note des revues internationales majeures comme IEEE Transactions on Wireless Communications, Information Fusion, Transactions on Machine Learning Research, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, Robotics and Autonomous Systems, International Journal of Social Robotics, etc. Le taux moyen de publication dans des revues an/permanent est proche de 1. Cette production scientifique est globalement proportionnée au potentiel des recherches de l'équipe, même s'il existe des disparités, et a globalement augmenté au cours de la période alors que l'équipe bénéficiait d'une augmentation concomitante de ses effectifs. La variété des publications dans des conférences est également importante sans pour autant sacrifier la qualité avec des congrès majeurs comme Neurips, ECCV, ICCV, ou importants comme BMVC, ICRA, IROS, etc. En moyenne, un permanent produit 3,7 communication internationale par an. Si les workshops n'ont pas été classés précisément, on soulignera que certains d'entre eux, du domaine de l'IA notamment, sont de très bons niveaux. Les co-publications sont essentiellement réalisées avec des équipes nationales. En revanche, nombreuses sont les communications en workshops pour des travaux réalisés en collaboration. La production inclut largement les doctorants, à hauteur de 56 % (29 sur une sélection de 52 revues). Principalement financés par des collaborations directes ou indirectes avec le

monde industriel (20 thèses Cifre dénombrées), ils sont fréquemment premiers auteurs des articles de revues (75 %, 22 des 29 revues comptabilisées).

Le nombre de thèses de doctorat soutenues est de vingt, avec une augmentation significative du nombre de doctorants pour atteindre la valeur de 49 (+14 %), ce qui représente une moyenne de cinq thèses/HDR. Leur durée moyenne de préparation est de 3,5 années, ce qui est très correct compte tenu du caractère expérimental de nombre d'entre elles. L'implication de l'équipe dans la formation doctorale est très bonne, aussi bien quantitativement que qualitativement. La production scientifique des thèses est également très bonne, avec souvent une revue internationale et plusieurs congrès internationaux effectués durant la thèse.

La visibilité de l'équipe SAR est globalement très bonne. Une des membres de l'équipe donne régulièrement des conférences invitées dans des universités étrangères ou des workshops associés à des conférences importantes (par exemple, Workshop on « Socially acceptable robots: concepts, techniques and applications » (SOLAR), 2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)- May 29 2023 ou Keynote Speaker au The Geriatrics - Summit (Regulation through AI and Robotics: Technology and Regulation for the Elderly Care) juin 2022), et plusieurs chercheurs ont organisé ou co-organisé des workshops internationaux ou des challenges dans des conférences internationales de renom ; pour en citer quelques-uns : challenge à ICCV 2023, Workshop on Uncertainty Quantification for Computer Vision à ICCV, International Workshop on « Affective Human-Robot Interaction (AHR) », 10th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII 2022), October 2022. La responsabilité d'éditeur associé en conférences importantes (comme IROS ou ITSC) apparaît fréquemment. La participation à l'organisation ou à des comités de programme de conférences est également à signaler (General Chair pour IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) 2020 ou ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) 2019). On soulignera les nombreuses implications au niveau de comités techniques, comme l'IEEE Robotics & Automation Society (Performance Evaluation & Benchmarking of Robotic and Automation Systems). Enfin, on note plusieurs distinctions lors de participations à des congrès (Excellent Oral Presentation Award lors de ICMCE 2018, Finalist Best Paper Award au cours de Cognitive Robotics ICRA 2018, Outstanding Paper Award pour ICCAS 2019, Best Student Paper lors de SIPAIM 21, Finalist Best Paper Award à ICSR 2022, et Best poster award à HFR'23).

Au niveau expertise et pilotage de la recherche, l'équipe est essentiellement présente sur le plan national en participant à l'évaluation de projets ANR ou ANRT. Pour donner quelques exemples : animation du GT8 du GDR Robotique, vice-présidence de l'Association française pour l'information scientifique, présidence du Hub AE&C du pôle de compétitivité Systematic Paris-Région, avec sur le plan international, participation au GT jumeaux numériques de l'OTAN ainsi que des évaluations de projets canadiens, belges ou néerlandais.

Pendant la période, l'équipe SAR a bénéficié du renfort de deux permanents : deux départs en retraite ont été compensés et deux autres recrutements d'enseignants-chercheurs, dont un professeur, ont été pourvus. Ce renforcement fait sens compte tenu, d'une part, du nombre croissant des doctorants déjà évoqué, et d'autre part, du nombre important de post-doctorants (11) ce qui atteste que l'environnement de recherche est attractif. L'accueil de très nombreux stagiaires est à souligner également.

Les relations avec le monde socio-économique sont excellentes. Le nombre total de brevets déposés, avec l'industriel Renault Group, dans la période est de deux. L'équipe a signé 27 contrats avec des industriels, souvent de grande envergure. Une collaboration forte a été scellée avec Naval Group avec la création d'un laboratoire commun sur l'ingénierie système et l'intelligence artificielle (LC2IA, fondé en 2017). La part des contrats industriels au niveau du financement de l'équipe est en moyenne de 270 k€/an et devance celle issue de sources de financement publiques. Les ressources propres sont en augmentation sur les trois dernières années grâce au renforcement budgétaire apporté par les appels à projets locaux et régionaux (plus de 300 k€/an sur les deux dernières années).

L'équipe garde une très bonne implication dans des projets européens (3 nouveaux projets ont été retenus dans la période, un labellisé « H2020 » et deux « Horizon »). Ses succès obtenus à la suite d'appels à projets financés par des contrats publics français sont très bons également (5 projets ANR pour un montant consolidé supérieur à 400 k€, et pour 4 d'entre eux, un membre de l'équipe est porteur). Le soutien privilégié dont bénéficie l'équipe de la part de la DGA (100 % de réussite aux AAP) se chiffre à plus de 650 k€ sur la période.

L'équipe pratique une diffusion ouverte de ces résultats, et ses membres adhèrent à une politique de logiciel libre et à la mise à disposition via HAL de leurs publications. Pour appuyer ces dires, on peut citer l'exemple d'une bibliothèque d'apprentissage par renforcement (Stable Baselines) largement utilisée et développée par la communauté (7700 étoiles sur GitHub), ou celui d'un jeu de données (INFRAPARIS).

Points faibles et risques liés au contexte

L'encadrement doctoral, s'il est conséquent en nombre, requiert vigilance : vingt thèses ont été soutenues au cours de la période, mais onze d'entre elles ont une durée strictement supérieure à 40 mois et le comité note quatre abandons. En amalgamant doctorants et post-doctorants, le taux d'encadrement ramené aux cadres de l'équipe atteint des valeurs hautes. Le très grand nombre de thèses de l'équipe, y compris parfois par un(e) même directeur(rice), peut entraîner des déséquilibres entre les missions de la recherche et des difficultés dans la gestion des thèses. En revanche, aucune habilitation à diriger des recherches n'a été présentée au cours de la période.

La part des ressources liées à des projets internationaux est plus fluctuante, et globalement légèrement baissière.

L'implication des cadres scientifiques de SAR dans les sociétés savantes et/ou dans les activités éditoriales internationales paraît timide au regard du potentiel. La reconnaissance de certains membres est importante, néanmoins les activités d'expertise et/ou de présentations en conférences plénières et/ou d'activités éditoriales ne semblent pas obéir à une réelle politique. Rares sont les articles de revues co-signés avec des auteurs internationaux alors que l'équipe est impliquée dans nombre de projets européens ou que ses membres effectuent régulièrement des mobilités sortantes.

L'équipe SAR affiche autant de thèmes que de membres permanents. Pour une équipe qui se qualifie elle-même de taille modeste, cette structuration thématique ne souligne pas clairement les synergies internes et peut mener à une dispersion potentiellement contre-productive, ou à une difficulté de reconnaissance des travaux dans la communauté scientifique nationale ou internationale. L'énoncé des cinq axes que l'on trouve au niveau de la trajectoire de l'équipe démontre que ce constat a été fait.

Les plateformes robotiques sont au cœur des stratégies de l'équipe, mais leurs déploiements et leur maintenance supposent un fléchage de moyens humains adéquats. Or, avec uniquement deux ingénieurs de recherche permanents, il apparaît aux yeux du comité qu'un risque fort est encouru sur le maintien opérationnel pérenne des robots, des démonstrations qui leur sont attachées ainsi que des environnements matériels et logiciels pour la concrétisation des travaux des doctorants.

Le comité regrette qu'une faible place des activités soient tournées vers le grand public, même si la démarche de Science ouverte est remarquablement menée.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe SAR est sur une trajectoire de recherche très cohérente dans le but de mener des travaux scientifiques qui combinent des contributions méthodologiques et expérimentales. L'équipe SAR entend consolider les travaux déjà en cours dans les domaines des systèmes cyber-physiques, de la robotique et de l'Intelligence Artificielle tout en veillant à rester au plus près des avancées en matière d'apprentissage machine. Si la trajectoire s'inscrit dans la continuité scientifique du projet précédent tout en cherchant à valoriser ses collaborations industrielles, une structuration a été définie selon cinq axes intitulés « Intelligence Artificielle, Apprentissage & Robotique », « Interaction Homme-Robot », « Véhicule Intelligent », « Systèmes autonomes distribués » et « Architecture des systèmes complexes ». L'activité au sein de ces axes s'appuiera sur la dynamique des recrutements récents et de ceux encore à venir. La trajectoire proposée vise à renforcer, pour le premier thème, les compétences sur les approches les plus récentes fondées sur l'apprentissage profond pour viser une IA dite de confiance. Pour le deuxième thème, les travaux seront orientés vers la personnalisation et l'adaptabilité des robots aux profils des utilisateurs. La robotique mobile demeurera l'activité centrale et fédératrice des membres de l'équipe avec l'axe « Véhicule Intelligent », lui-même fortement lié au thème suivant car le robot, agent parmi d'autres acteurs, est susceptible d'interagir avec ses congénères et avec l'infrastructure. Enfin, le dernier thème est porté par la chaire Architecture des Systèmes Complexes créée en 2023 et soutenue par de prestigieux industriels. Cette structuration est bien alignée avec les défis actuels et futurs de l'IA et de la robotique. Elle améliore la lisibilité des activités de l'équipe qui couvrent un large spectre de compétences et d'applications en lien avec des partenariats industriels solides.

Les ambitions de développement affichées avec le laboratoire commun avec NavalGroup et le rapprochement avec ENSTA Bretagne apparaissent comme des opportunités intéressantes pour élargir l'orientation des travaux de l'équipe SAR vers le secteur du navire autonome d'une part, et, d'autre part, compléter son champ de compétences en robotique mobile terrestre et aérienne avec celle de la robotique marine.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe SAR doit poursuivre ses efforts pour publier au meilleur niveau dans les revues et conférences des différents domaines couverts tout en veillant à combler les disparités entre les thèmes.

Son excellente activité collaborative et contractuelle doit également lui permettre de maintenir son activité en matière de dépôt de brevets.

Le comité invite l'équipe à suivre les recommandations nationales sur les stratégies de publication en science ouverte.

Compte tenu de ses compétences individuelles fortes, l'équipe SAR est en mesure également de renforcer la présence et la visibilité dans les comités de programme et les comités éditoriaux, tout en abandonnant certaines activités qui sont liées à des événements ou des comités plus confidentiels, et qui apportent peu de plus-value.

Malgré ses recrutements récents, l'équipe reste de petite taille et doit éviter l'écueil de la dispersion thématique. En prenant en considération cette réalité, le positionnement national et international des différentes thématiques mériterait d'être clairement établi. Les évolutions annoncées, comme le rapprochement avec d'autres équipes des laboratoires d'IP Paris et surtout le projet structurant de plateforme robotique en milieu ouvert, dite « plateforme multirobots hétérogène », offrent beaucoup d'opportunités à l'équipe de développer ses collaborations académiques et industrielles en s'appuyant sur ses compétences fortes d'une part, mais aussi, d'autre part, de décloisonner ses activités et renforcer ses échanges avec l'autre équipe de l'unité, désormais nommée SyRRo pour « Systèmes Robustes pour la Robotique ».

Étant donné les défis posés par le déploiement de ses plateformes robotiques et la nécessité de leur continuité opérationnelle, il est essentiel de renforcer l'équipe (ou l'unité) avec un recrutement pérenne de personnel en appui à la recherche.

Même si l'équipe a progressé au cours du dernier contrat sur l'encadrement doctoral et la durée des thèses, la vigilance doit être maintenue.

Le comité encourage l'équipe à soutenir ses membres pour défendre leur HDR.

Équipe 2 : SSH – Sémantique des Systèmes Hybrides

Nom du responsable : M. Alexandre Chapoutot

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe Sémantique des Systèmes Hybrides (SSH) développe une recherche dans le domaine de l'analyse et de la vérification formelle des systèmes hybrides, et plus généralement, des systèmes cyber-physiques (i.e. en interaction forte et continue avec un environnement physique, et qui réagissent et s'adaptent aux modifications de cet environnement). Les thèmes de recherche s'appuient sur des modèles et concepts (systèmes de transitions, sémantiques des langages, etc.) liés à l'informatique théorique en y incorporant des modèles et concepts (équations différentielles ordinaires, stabilité, viabilité, etc.) venant des mathématiques appliquées. Une application des algorithmes et méthodes vers la robotique mobile a été privilégiée dans les domaines de la Défense, le transport et le spatial.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

· *Augmentation et valorisation des produits de la recherche en particulier au travers de brevets*

Cette recommandation n'a pas été prise en compte du point de vue des brevets. Le taux de publication, par contre, est resté bon.

· *Être attentive au bon déroulement des thèses.*

Des Comité de Suivi Individuel (CSI) ont été mis en place, ainsi que des entretiens annuels des encadrants. Aucune amélioration notable n'a été observée à ce jour sur la durée des thèses. Cependant, cela est à relativiser étant donné le nombre restreint (3) de thèses soutenues au cours de la période.

· *Veiller au renforcement de sa visibilité et de son rayonnement*

Un travail important a été effectué lors des évolutions locales pour être présents dans les différentes instances, comité, projets (IP Paris, Chaire ISC). Même si le rapprochement avec l'équipe CoSyNus du Laboratoire d'Informatique de l'École Polytechnique (LIX) n'a pas abouti, l'initiative « Sigma-Kappa-Phi » a pu renforcer les collaborations, et le renouvellement de la chaire ISC a été obtenu avec la participation de l'équipe et de l'unité.

· *Pas de description de l'organisation et la vie de l'équipe*

L'équipe n'a pas décrit en détail ce volet, mais a donné quelques informations, notamment sur l'accompagnement de la nouvelle recrue.

· *Maintenir ses recherches autour du projet scientifique défini*

Plusieurs thématiques scientifiques de leurs travaux (fiabilité, robustesse et sûreté) ont été fédérées autour de la plateforme robotique en milieu ouvert. Il existe cependant cinq axes (dont l'un avec 2 sous-axes) au sein d'une équipe de cinq permanents.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	2
Sous-total personnels non permanents en activité	2
Total personnels	7

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est de très bon niveau. Cette production est néanmoins répartie de manière hétérogène entre les membres de l'équipe. L'attractivité de l'équipe est très bonne et en augmentation. Le rayonnement est bon. Le succès aux appels à projets est très bon. L'équipe affiche une excellente dynamique sur le financement par contrats de ses travaux de recherche. Les actions de médiation scientifique sont en retrait.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les réalisations scientifiques de l'équipe sont de très bon niveau. Le comité note notamment le développement d'extensions des techniques de type CSP (Constraint Satisfaction Problem) avec des équations différentielles et des approches abstraites, qui ont été appliquées à la vérification de systèmes cyber physique (par exemple des systèmes robotiques) : [Cyber-Physical Syst. Security 2018, SIGPLAN 2020, CDC 2021].

La production scientifique de l'équipe est de bon niveau. L'équipe cible les revues et les conférences (p. ex. IROS International Conference on Robots and Systems, CDC Conference on Decision and Control) reconnues, ainsi que des workshops plus ciblés, et aussi bien dans les domaines informatique que robotique et automatique.

Les activités de l'équipe lui permettent de rester au cœur des priorités scientifiques des mondes académiques, industriels et militaires. De plus, son positionnement sur le domaine d'application « robotique en milieu ouvert » est pertinent d'un point de vue scientifique et leur permet de se démarquer localement.

L'attractivité de l'équipe est très bonne et en augmentation, notamment avec l'accueil de deux chercheurs invités en 2022 et 2023 et le recrutement d'une EC junior en 2022. Le rayonnement de l'équipe est bon, ses membres sont régulièrement sollicités pour des jurys de thèse (8 au cours de la période), sont impliqués dans le comité de programme ou dans l'organisation de nombreux workshops nationaux ou internationaux (p. ex. CyPhy, F-IDE, TAP).

L'équipe affiche une excellente dynamique sur le financement par contrats de ses travaux de recherche. Elle a obtenu au cours de la période un nombre de contrats (7) et un montant de financement (574 k€) impressionnant pour une si petite équipe. Elle a su s'affirmer comme un partenaire majeur dans les domaines financés prioritairement par les agences de recherche liées à la Défense (AID, DGA, ANR Astrid, CIEDS, Challenge Mobilex). L'équipe a de nombreuses collaborations avec des industriels, y compris avec des grands acteurs du domaine de la défense comme par exemple Naval Group ou la DGA, à travers des projets ANR spécifique, des contrats bilatéraux, via l'institut Carnot ou la chaire ISC (Ingénierie des Systèmes Complexes).

Le succès aux appels à projets est très bon. En plus des trois projets ANR liés à la Défense, l'équipe a participé à trois autres projets ANR, dont l'un sur un appel spécial de collaboration internationale franco-allemand. Cette collaboration avec l'Université Technique de Munich (TUM - Technische Universität München) a permis plusieurs publications communes (1 revue, 2 conférences), ce qui montre l'efficacité de cette collaboration internationale. On peut également noter des publications communes avec d'autres universités (Washington, New Castle), ce qui montre une bonne dynamique de l'équipe à l'international.

Points faibles et risques liés au contexte

Bien que les chiffres soient assez faiblement significatifs car ils ne concernent que cinq permanents, dont une recrue récente, la production scientifique est répartie de manière hétérogène entre les membres de l'équipe.

La gestion de la plateforme robotique par l'équipe SSH, le grand nombre de robots, la participation au challenge Cohoma, etc., posent la question de l'implémentation des fonctionnalités robotiques de base, et l'entretien de ces plateformes robotiques. Il est important de se demander qui a et va gérer le côté ingénierie de tous ces robots ? C'est une activité chronophage et n'est pas une activité de recherche scientifique directe. De même, le grand nombre de contrats entraîne peut-être une surcharge de travail de type « ingénierie » et/ou « administratif », qui peut handicaper l'exécution d'autres tâches liées à la recherche (p. ex. encadrement, publication, HDR, GDR).

Certains critères d'attractivité pourraient être améliorés. Par exemple, même si le nombre de doctorants et d'HDR sont globalement bons, ils pourraient être plus importants. Et l'augmentation du nombre d'HDR durant la période est liée à un recrutement externe et non à une « évolution » des permanents en poste.

Les surcharge d'heures d'enseignement et de responsabilités pédagogiques représentent un risque pour l'activité de recherche.

Les actions d'animation et d'organisation scientifique de l'équipe sont récentes et encore peu structurées.

Les actions de médiation scientifique envers le grand public de l'équipe sont faibles, (limitées à la participation à la Fête de la science).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe envisage une évolution vers une thématique scientifique liée à la robustesse des systèmes robotiques, avec un changement de nom (SyRRo). Cette évolution permettrait un élargissement des thématiques théoriques tout en conservant une cohérence autour de l'idée de fiabilité, tout en resserrant la cible applicative autour de la robotique (autonome).

Cette orientation paraît tout à fait pertinente dans le contexte actuel du développement de la robotique autonome et des besoins de robustesse qui en découle, que ce soit au niveau sociétal (voitures autonomes, robots autonomes d'assistance, etc..) ou au niveau national et local : peu de laboratoires en France ont une vraie plateforme de robotique pour faire des expérimentations en milieu ouvert. Et cette partie expérimentale en conditions complexes et réalistes est une vraie force pour la validation des méthodes scientifiques, et pour mettre en exergue de nouveaux points durs non résolus dans les domaines des systèmes autonomes, de la sûreté de fonctionnement et/ou de la robotique.

Cependant, la future équipe prévoit de reposer sur trois axes de recherche dont deux nouveaux. Le développement de deux nouveaux axes de recherche, pour une équipe de seulement cinq permanents, couplé à l'augmentation annoncée de la partie expérimentale sur le terrain, constitue un très gros risque. De plus, l'axe 2 étant basé sur la robustification des algorithmes d'apprentissage par renforcement, la confusion avec les thématiques de recherche de l'équipe SAR va s'amplifier.

De même, la confirmation du domaine d'application sur les mesures acoustiques semble un peu décorrélée du reste du projet et semble en réduire la cohérence tout en risquant de créer de la dispersion.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Du point de vue publications, en particulier en revues, il serait intéressant de se focaliser encore plus sur des revues de très bon niveau reconnues par les communautés des domaines scientifiques ciblés (par exemple la CNU 61 préconise des revues reconnues par la communauté, en évitant les revues prédatrices telles que MDPI). Cela permettrait d'augmenter la visibilité des travaux de l'équipe, ainsi que d'améliorer les opportunités de carrière / d'insertion professionnelle.

Un autre point de recommandation est la maîtrise de la dispersion thématique de la recherche : l'équipe SSH a développé cinq axes de recherche et deux sous-axes différents, pour un effectif de seulement 5 EC, et envisage d'en développer deux nouveaux. Vu le faible nombre de permanents, il est important de tenter d'éviter la multiplication des thématiques de recherche, malgré les opportunités qui s'offriront dans le futur.

Il serait bien de poursuivre les efforts d'animation scientifique de l'équipe.

Il serait bien d'augmenter légèrement le nombre de doctorants, de poursuivre les efforts de suivi pour en réduire la durée, et d'augmenter le nombre de publications en revues ou en conférences de très haut niveau (suivant les domaines scientifiques) de ces doctorants, surtout pour ceux avec une durée de thèse longue ou qui enchaînent sur un post-doctorat.

Il est important pour le développement interne de l'équipe que les EC permanents dont la carrière est suffisamment mature passent leur HDR, ce qui leur offrira de nouvelles opportunités et plus de latitude pour l'encadrement doctoral.

Enfin, une participation active au GDR Robotique permettrait d'augmenter le rayonnement national sur les thématiques ciblées à l'avenir. Entre autres, l'axe « Robustesse fondée sur une approche orientée modèle » est au cœur de certaines des thématiques du TS3 « Hétérogénéité et Complexité ». L'équipe a orienté ses activités vers une application robotique forte, tout en ayant un bagage théorique relevant d'autres GDR. C'est l'opportunité de créer des synergies intéressantes entre les communautés (par exemple Robotique et Méthodes formelles).

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE

Début : 4 décembre 2024 à 8 h

Fin : 4 décembre 2024 à 18 h

Entretiens réalisés : en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

08h20 - 08h25	Connexion
08h25 - 08h55	Réunion à huis clos du comité
08h55 - 09h00	Connexion
09h00 - 09h05	Introduction par le Conseiller Scientifique (CS) du Hcéres
09h05 - 10h35	Bilan et trajectoire de l'unité
10h35 - 10h50	Pause
10h50 - 11h20	Bilan, trajectoire et focus scientifique équipe Systèmes Autonomes et Robotique
11h20 - 11h50	Bilan, trajectoire et focus scientifique équipe Sémantique des Systèmes Hybrides
11h50 - 13h25	Déjeuner
13h25 - 13h30	Connexion
13h30 - 13h50	Rencontre avec les personnels d'appui à la recherche
13h50 - 13h55	Connexion
13h55 - 14h15	Rencontre avec les personnels doctorants et post-doctorants
14h15 - 14h20	Connexion
14h20 - 14h40	Rencontre avec les personnels enseignants-chercheurs et chercheurs
14h40 - 14h55	Pause
14h55 - 15h00	Connexion
15h00 - 15h30	Rencontre avec les tutelles
15h30 - 15h35	Connexion
15h35 - 16h05	Rencontre avec la direction
16h05 - 16h10	Connexion
16h10 - 16h55	Réunion à huis clos du comité

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Pr Laurent EL Kaim
Directeur de la Recherche
et de l'Innovation

Palaiseau, le 20 mars 2025

Monsieur le président du comité HCERES,

Nous souhaitons tout d'abord remercier l'ensemble du comité de l'HCERES pour le travail réalisé dans le cadre de l'évaluation de l'Unité d'Informatique et d'Ingénierie des Systèmes (U2IS). L'ENSTA apprécie la reconnaissance par le comité de la qualité de la recherche menée au sein de l'unité, de la forte implication dans la formation et les instances d'IP Paris ainsi que la richesse des relations avec le monde socio-économique.

L'équipe de direction de l'U2IS a pris note des recommandations formulées, elle travaillera avec la direction de l'école pour atteindre au mieux les objectifs fixés sur la diversification des financements, le renforcement des supports administratifs et techniques, les procédures de recrutement ou la limitation de la dispersion des thématiques.

Nous souhaitons souligner que certains points mis en avant par le comité ont déjà donné lieu à un traitement important par l'unité. C'est ainsi le cas du soutien aux enseignants-chercheurs dans le passage de leur habilitation à diriger des recherches (HDR) avec une année 2024 caractérisée par la soutenance de deux HDR. Trois nouvelles soutenances sont par ailleurs prévues sur 2025.

Enfin, il faut noter que la prise en compte des enjeux environnementaux est une priorité pour notre établissement. Une politique très volontariste autour de la responsabilité sociétale et environnementale est mise en œuvre depuis plus de deux ans. Celle-ci se décline sur toutes les activités de l'ENSTA et plus particulièrement sur nos unités de recherche avec la mise en place d'un réseau de référents RSE auquel participe un représentant de l'U2IS. Cela se traduit par la réalisation d'analyses Labo1.5 sur l'ensemble des unités de l'école (50% réalisée en 2024, le reste sur 2025) ou d'engagements importants autour de la science ouverte. Ces efforts ont permis à l'ENSTA d'obtenir le label DD&RS en 2024.

Nous remercions une nouvelle fois le comité HCERES pour ses recommandations qui visent à renforcer l'attractivité de notre établissement et vous prions de croire, Monsieur le président du comité HCERES, en l'expression de nos sentiments distingués.

Pr Laurent El Kaim



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles
Évaluation des unités de recherche
Évaluation des formations
Évaluation des organismes nationaux de recherche
Évaluation et accréditation internationales



19 rue Poissonnière
75002 Paris, France
+33 1 89 97 44 00

